

Аслан Бекжанович Советканов – магистрант кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: sovetkanov706@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1702-5590>.

Раил Аянович Советбаев – магистр, преподаватель кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республики Казахстан; e-mail: rsovetbayev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3605-515X>.

Information about the authors

Yerzhan Shayakhmetov* – PhD, Professor of the Department of Technological Equipment and Mechanical Engineering; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: shaiakhmetovzh@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7986-0083>.

Aslan Sovetkanov – Master's student of the Department of Technological Equipment and Mechanical Engineering; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: sovetkanov706@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1702-5590>.

Rail Sovetbayev – Master, teacher of the Department of Technological Equipment and Mechanical Engineering; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: rsovetbayev@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3605-515X>.

Редакцияға енуі 20.09.2024

Өңдеуден кейін түсуі 18.12.2024

Жариялауға қабылданды 23.12.2024

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-8](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-8)



МРНТИ: 65.13.13

М.К. Шаяхметова^{*}, А.Л. Касенов², Б.А. Лобасенко³, Г.Б. Абдилова¹, Н.К. Ибрагимов¹

¹Университет имени Шакарима города Семей,

071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

²Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,

010011, Республика Казахстан, г. Астана, пр. Женис, 62

³Кемеровский государственный университет,

650000, Кемерово, Россия, ул. Красная, 6

*e-mail: madina07sh@mail.ru

РАСЧЕТ ШНЕКА-ПИТАТЕЛЯ НА ПРОЧНОСТЬ

Аннотация: В настоящее время в различных отраслях промышленности используют множество видов центробежного оборудования. В их числе: непрерывно действующие фильтровальные шнековые центрифуги, пульсирующие, инерционные, с вибрационной выгрузкой осадка и отстойно-шнековые центрифуги. Это – наиболее эффективное оборудование, используемое в пищевой и мясной промышленности и обеспечивающее высококачественное разделение жидких неоднородных систем [1].

В настоящее время научные исследования проводят только на центробежном оборудовании, работающем непрерывно шире. При этом, изучают технологическую и динамическую стороны процесса центрифугирования. Считается, что данных исследовательских работ недостаточно. Особенно это актуально для мясной промышленности, где процессы центрифугирования жидких систем недостаточно изучены. Это связано с тем, что мясопродукты представляют собой сложную коллоидно-дисперсную систему, состоящую из плотно прилегающей влаги и сухого остатка, обладающую большой адсорбционной способностью. Не в полной мере изучены качественные и количественные характеристики центрифугирования. Недостаточно уделялось внимание технологическим особенностям производства наряду с конструктивными особенностями оборудования.

В исследовательских работах геометрические размеры рассматриваются обобщенно и берутся на основе закономерностей среднего значения. Это не может в полной мере дать точное описание протекающего процесса. Данные факты свидетельствуют о том, что процесс разделения жидких неоднородных систем в центробежном оборудовании все еще требует большего количества исследований.

Ключевые слова: процесс, технология, центрифуга, шнек, прочность, коэффициент трения, шнековое устройство.

Введение

В ходе процесса шнек-питатель в постоянном режиме подаёт исходное жировое сырьё в центрифугу, в которой непрерывно происходит разделение среды на шквару и фугат с одновременным фильтрованием шквары. Шквара подаётся шнеком вертикально вверх и через патрубок поступает в выгрузочный бункер.

Одновременно необходимо контролировать стабильность оптимальной частоты вращения ротора барабана центрифуги. В то же самое время требуется поддерживать стабильность подачи выгрузочного шнека в соответствии с расчётными данными и регулировкой.

Таким образом, необходимым условием стабильной, синхронной работы установки является стабильная работа частотных регуляторов всех трёх электродвигателей приводов.

Наиболее простой способ – это применение элетродвигателей постоянного тока с использованием выпрямителей для переменного тока.

С целью дальнейшего совершенствования синхронности и устойчивости работы установуи все регуляторы должны быть встроены в АСУ ТП.

Работа основана на опыте отечественных и зарубежных учёных.

Большой вклад в разработку теории и совершенствование конструкций пищевых центрифуг, технико-экономической оптимизацией работы последних внесли отечественные учёные: Г.М. Знаменский, В.И. Соколов, Е.В. Томбаев, С.М. Гребенюк, А.И. Пелеев, С.Г. Либерман, В.Г. Жуков, В.И. Аснера, Г.И. Бремера, В.А. Гельперина, И.А. Рогов, А.В. Горбатов, А.Н. Мачихин, М.Б. Азаров, У.Ч. Чоманов, Д.Т. Жайлаубаев, С.Н. Туменов, Е.С. Спандияров, А.Б. Оспанов, С.В. Федотов, А.Е. Еренгалиев, А.К. Какимов, А.Л. Касенов.

Следует отметить авторов конструкций горизонтальных шнековых центрифуг для разделения жира: Г.Е. Лимонов, В.А. Деханов (линия Я8-ФОВ-М); фильтрующих центрифуг для извлечения жира из измельчённой кости М.Л. Файвишевский, С.Г. Либерман, К.Д. Сеницын, В.П. Петровский (ФМД-802К-05 в линии Я8-ФЛК); М.Л. Файвишевский, Н.П. Кузьменко (интегральная обработка мякотного сырья на усовершенствованной машине Я8-ФИБ).

Материалы и методы исследования

Расчет шнека на прочность [2-4] проводим по формулам, предложенным К.П. Гуськовым.

Определяем угол подъема винтовой линии лопасти по среднему диаметру шнека:

$$R_{cp} = 0,5 \cdot \frac{D_1 + D_2}{2}$$

где: S – шаг винтовой лопасти шнека,

D_1 – внутренний диаметр шнека,

D_2 – наружный диаметр шнека,

R_{cp} – средний радиус шнека,

Определяем частоту вращения шнека:

$$n_{шн} = \frac{M_{шн}}{0,25 \cdot m \cdot k (R_2^2 - R_1^2) \left(S - \frac{b_1 + b_2}{2 \cos \alpha} \right) \rho_T \cdot K_n \cdot K_m \cdot K_c}$$

Данная величина корригирует с аналогичным значением, полученным выше в расчёте горизонтального шнека-питателя.

где: $M_{шн}$ – массовая часовая подача сырья шнеком,

m – число заходов шнека,;

k – количество шнеков ;

b_1 – ширина винтовой лопасти шнека в нормальном сечении по внутреннему радиусу;

b_2 – ширина винтовой лопасти шнека в нормальном сечении по наружному радиусу;

K_n – коэффициент заполнения полости;

K_m – коэффициент, учитывающий пластическую деформацию;

K_c – коэффициент, учитывающий степень уменьшения подачи;

ρ – средняя плотность сырья.

R_1 – внутренний радиус шнека;

R_2 – наружный радиус шнека;

S – шаг винтовой лопасти шнека;

$\alpha = 41^\circ$ – угол подъема винтовой лопасти по среднему диаметру шнека.

Сырье упруго-пластичная во время подачи центрифуги создает винт:

а) осевая непрерывная нагрузка с интенсивностью q , которая изменяется по длине винта в соответствии с линейным законом;

$$q_x = \frac{P_x}{l} \cdot \frac{R_2^2 - R_1^2}{2} \cdot \varphi$$

где: P – давление подачи в шнеке;

l – рабочая длина шнека, равная $3S$;

α – угол подъема винта шнека;

R_1 и R_2 – внутренний и наружный радиусы шнека;

$\varphi = 2\pi/S$, потому что, когда точка движется по спиральной линии, угловое смещение точки 2π , соответствует ее осевому смещению, равному шагу S , а угловое смещение под углом φ соответствует смещению вдоль оси, равному x .

Внешние нагрузки, действующие на сырье и опорное оборудование, вызывают следующие виды деформации корпуса винта:

а) кручение от концентрированного крутящего момента, который представляет собой момент реакции на опоре шнека со стороны питающего отверстия, и непрерывного равномерного увеличения крутящего момента с интенсивностью m_x ;

б) продольный-поперечный изгиб, при котором продольная нагрузка, действующая на шнек, состоит из концентрированной силы, которая является реакцией неподвижной опоры, и постоянной осевой нагрузки, которая изменяется в соответствии с линейным законом.

Изгибающий момент винта вращается по внутреннему контуру, то есть на валу:

$$M_u = \frac{pD^2}{32} \cdot \frac{1,9 - 0,7a^{-4} - 1,2a^{-2} - 5,2 \ln a}{1,3 + 0,7a^{-2}};$$

Крутящий момент при 6 рабочих витках шнека:

$$M_{кр} = 0,131 \cdot n \cdot p \cdot (D^3 - d^3) \cdot \operatorname{tg} \alpha_{cp};$$

Осевое усилие:

$$T = 0,392 \cdot n(D^2 - d^2)p, H$$

Нормальное и касательное напряжения вала:

$$\sigma_{сж} = T / F; Па$$

$$\tau = M_{кр} / W_p; Па$$

где: F – площадь сечения шнека, $м^2$;

W_p – полярный момент сопротивления поперечного сечения винта ротора, $м^3$.

Эквивалентное напряжение:

$$\sigma_{эkv} = \sqrt{\sigma_{сж}^2 + 4\tau^2}, МПа.$$

Последний виток шнека следует рассчитать на прочность.

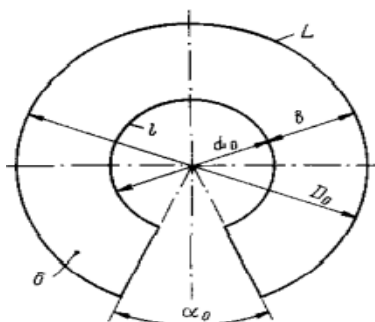


Рисунок 1 – Кольцо-заготовка витка шнека

Величина изгибающего момента для любого сечения лопасти :

$$M_z = \frac{p\varphi_1 x^2}{6R_1}(3R_2 - x), H \cdot m$$

где: x – расстояние от вершины лопасти до сечения, в котором определяется напряжения;

b – толщина лопасти шнека.

Результаты и обсуждение

Из опыта работы многих шнековых устройств известно, что под действием винтовой поверхности шнека, транспортируемый материал движется не параллельно оси, а винтообразно с переменной скоростью в осевом и радиальном направлениях в зависимости от расстояния частиц материала до оси шнека, от коэффициента трения и величины противодавления.

Так как углы подъема винтовых линий правильной винтовой поверхности шнека изменяются, увеличиваясь от периферии к центру шнека, то осевое перемещение частиц материала, расположенных в радиальном направлении, будет неодинаковым.

Заключение

Выполнена инженерная методика технологического расчёта центрифуги, работа которой наиболее эффективна в непрерывном режиме, что было установлено и показаны причины, расчет мощности шнекового питателя подачи сырья. Для оптимальной по синхронности и устойчивости работы установки в непрерывном режиме необходимо выполнение баланса по производительности всех трёх элементов блок-схемы.

Устойчивость и синхронность работы установки практически будет обеспечиваться контролем плавности загрузки жирового сырья и точности подач питательного шнека, стабилизацией числа оборотов привода последнего.

Список литературы

1. Milner D. Magma mixing and melting type continuous centrifugals / D. Milner // Sugar Journal. – 1991. – № 1116. – P. 256.
2. Castellano M.E. La centrifugación continua de masas cocidas comerciales / M.E. Castellano, P. Peres, J. Lodos // Cuba Azúcar. – 1989. – Enero-Marzo. – P. 49-56.
3. Cao W. Modeling Analytical Ultracentrifugation Experiments with an Adaptive Space-Time Finite Element Solution for Multicomponent Reacting Systems / W. Cao, B. Demeler // Biophysical Journal. – 2008. – Vol. 95. – P. 54-65.
4. Howlett G.J. Analytical Ultracentrifugation for the Study of Protein Association and Assembly / G.J. Howlett, A.P. Minton, G. Rivas // Current Opinion in Chemical Biology. – 2006. – Vol. 10. – P. 430-436.
5. Records A. Decanter Centrifuge Handbook / A. Records, K. Sutherland // Elsevier Science. – 2001.
6. Wallace Woon-Fong Leung, Industrial Centrifugation Technology. – McGraw-Hill Professional, 1998.
7. Dr.-Ing. A. Karolis Die Technologie der Vollmantel-Schneckenzenrifugen, Zentrifugen in der grosstechnischen Anwendung, 07-08/12/1999 Haus der Technik, Essen.
8. Sokolow J. Moderne Industriezentrifugen / J. Sokolow // VEB-Verlag Technik. – Berlin, 1971.
9. Decanter centrifuge technology: Alfa Laval Nils Schwarz, Selecting the right centrifuge – the jargon demystified.
10. Stephenson F.H. Centrifugation in Calculations for Molecular Biology and Biotechnology / F.H. Stephenson // Third Edition. – 2016. – P. 431-438.
11. Stephenson F.H. Centrifugation in Calculations for Molecular Biology and Biotechnology / F.H. Stephenson // Second Edition. – 2010.
12. Masoodi Kh.Z. Centrifugation in Advanced Methods in Molecular Biology and Biotechnology. – 2021
13. Zhou J.L. Centrifugation in Comprehensive Sampling and Sample Preparation. – 2012.
14. Abraham E. McAfee, Centrifugation in Mesenchymal Stromal Cells. – 2017.
15. TAw .G. Centrifugation in Comprehensive Sampling and Sample Preparation. – 2012.

М.К. Шаяхметова*, А.Л. Касенов², Б.А. Лобасенко³, Г.Б. Абдилова¹, Н.К. Ибрагимов¹

¹Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,

071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А

²С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,

010011, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Жеңіс даңғылы, 62

³Кемерово мемлекеттік университеті,

650000, Кемерово, Ресей, Красная к-сі, 6

*e-mail: madina07sh@mail.ru

БЕРІКТІК ШНЕГІН ЕСЕПТЕУ

Қазіргі уақытта әртүрлі салаларда орталықтан тепкіш жабдықтардың көптеген түрлері қолданылады. Олардың ішінде: үздіксіз жұмыс істейтін сүзгі бұрандалы центрифугалар, пульсациялық, инерциялық, тұнбаны дірілдейтін түсіру және тұндыру бұрандалы центрифугалар.

Бұл тамақ және ет өнеркәсібінде қолданылатын және сұйық гетерогенді жүйелердің жоғары сапалы бөлінуін қамтамасыз ететін ең тиімді жабдық. Қазіргі уақытта ғылыми зерттеулер тек үздіксіз кеңірек жұмыс істейтін орталықтан тепкіш жабдықта жүргізіледі. Бұл ретте Центрифугалау процесінің технологиялық және динамикалық жақтарын зерттейді. Бұл зерттеу жұмыстары жеткіліксіз деп саналады. Бұл әсіресе сұйық жүйелерді центрифугалау процестері жақсы түсінілмеген ет өнеркәсібіне қатысты.

Себебі ет өнімдері-бұл үлкен адсорбциялық қабілеті бар тығыз ылғал мен құрғақ қалдықтардан тұратын күрделі коллоидты-дисперсті жүйе.

Центрифугалаудың сапалық және сандық сипаттамалары толық зерттелмеген. Жабдықтың дизайн ерекшеліктерімен қатар өндірістің технологиялық ерекшеліктеріне жеткілікті көңіл бөлінбеді. Зерттеу жұмыстарында геометриялық өлшемдер жалпыланған түрде қарастырылады және орташа заңдылықтар негізінде алынады. Бұл ағымдағы процестің толық сипаттамасын бере алмайды. Бұл фактілер орталықтан тепкіш жабдықта сұйық гетерогенді жүйелерді бөлу процесі әлі де көп зерттеуді қажет ететінін көрсетеді.

Түйін сөздер: процесс, технология, центрифуга, шнек, беріктік, үйкеліс коэффициенті, шнек құрылғысы.

M. Shayakhmetova*, A. Kasenov², B. Lobasenko³, G. Abdilova¹, N. Ibragimov¹

¹Shakarim University of Semey,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, st. Glinka, 20 A

²S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University,

010011, Republic of Kazakhstan, Astana, Zhenis avenue, 62

³Kemerovo State University,

650000, Kemerovo, Russia, Krasnaya St., 6

*e-mail: madina07sh@mail.ru

CALCULATION OF THE STRENGTH AUGER

At present, many types of centrifugal equipment are used in various industries. Among them are: continuously working filter screw centrifuges, pulsating, inertial, vibrating sludge unloading and deposition screw centrifuges.

This is the most efficient equipment used in the food and meat industries and providing high-quality separation of liquid heterogeneous systems. At present, scientific research is carried out only on centrifugal equipment with continuous wider operation. At the same time, it studies the technological and dynamic aspects of the centrifugation process. This research work is considered insufficient. This is especially true for the meat industry, where the processes of centrifugation of liquid systems are not well understood.

This is because meat products are a complex colloidal-dispersed system consisting of dense moisture and dry residues with great adsorption capacity.

The qualitative and quantitative characteristics of centrifugation have not been fully studied. Along with the design features of the equipment, sufficient attention was not paid to the technological features of production. In research papers, geometric measurements are considered in a generalized form and are obtained on the basis of average patterns. This cannot provide a detailed description of the current process. These facts indicate that the process of separating liquid heterogeneous systems in Centrifugal equipment still requires a lot of research.

Key words: process, technology, centrifuge, Auger, strength, coefficient of friction, Auger device.

Сведения об авторах

Мадина Канатовна Шаяметова* – соискатель образовательной программы 8D07101 – «Технологические машины и оборудование»; Университета имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: madina07sh@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5133-4348>.

Амиржан Леонидович Касенов – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология пищевых и перерабатывающих производств», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина; Республика Казахстан; e-mail: amirzhan-1@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7715-1128>.

Борис Анатольевич Лобасенко – доктор технических наук, профессор кафедры «Промышленный дизайн», Кемеровский государственный университет, Россия; e-mail: lobasenko@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0245-7904>.

Галия Бекеновна Абдилова – кандидат технических наук, ассоциированный профессор, заведующая кафедрой «Технологическое оборудование», Университета имени Шакарима г. Семей, Республика Казахстан; e-mail: abdilova1979@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6647-6314>.

Надир Кадырович Ибрагимов – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Технологическое оборудование», Университета имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: ibragimnk@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9607-823X>.

Авторлар туралы мәліметтер

Мадина Канатовна Шаяхметова* – 8D07101 – «Технологиялық машиналар және жабдықтар» білім беру бағдарламасының ізденушісі; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: madina07sh@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5133-4348>.

Амиржан Леонидович Касенов – техника ғылымдарының докторы, «Тамақ және қайта өңдеу өндірістерінің технологиясы» кафедрасының профессоры; С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: amirzhan-1@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7715-1128>.

Борис Анатольевич Лобасенко – техника ғылымдарының докторы, «Өнеркәсіптік дизайн» кафедрасының профессоры, Кемерово мемлекеттік университеті, Ресей Федерациясы; e-mail: lobasenko@mail.ru. ORCID : <https://orcid.org/0000-0003-0245-7904>.

Галия Бекеновна Абдилова – техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, «Технологиялық жабдықтар» кафедрасының меңгерушісі, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: abdilova1979@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6647-6314>.

Надир Кадырович Ибрагимов – техника ғылымдарының кандидаты, «Технологиялық жабдықтар» кафедрасының аға оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: ibragimnk@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9607-823X>.

Information about the authors

Madina Shayakmetova* – 8D07101 – Co-applicant of the educational program «Technological Machines and Equipment»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: madina07sh@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5133-4348>.

Amirzhan Kassenov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department «Technology of food and processing industries»; S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Republic of Kazakhstan; e-mail: a.kassenov@kazatu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7715-1128>.

Boris Lobasenko – Doctor of Technical Sciences, Professor, Industrial Design Department, Kemerovo State University, Russian Federation; e-mail: lobasenko@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0245-7904>.

Galiya Abdilova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of «Technological Equipment», Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: abdilova1979@bk.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6647-6314>.

Nadir Ibragimov – candidate of Technical Sciences, senior lecturer «Technological Equipment» Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: ibragimnk@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9607-823X>.

Поступила в редакцию 03.12.2024

Поступила после доработки 19.12.2024

Принята к публикации 20.12.2024